

## EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE UM POMAR DE MANGUEIRAS IRRIGADO NA REGIÃO DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

Pedro V. de Azevedo<sup>1</sup>, Bernardo B. da Silva<sup>1</sup>, Vicente de P. R. da Silva<sup>1</sup>, Luiz H. Bassoi<sup>2</sup>, José M. Soares<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciências Atmosféricas, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Av.

Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, 58109-970, Campina Grande-PB, e-mail: [pvieira@dca.ufpb.br](mailto:pvieira@dca.ufpb.br).

<sup>2</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Semi-Árido, BR 428, Km 152, 563000-000, Petrolina-PE, e-mail: [bassoi@cpatsa.embrapa.br](mailto:bassoi@cpatsa.embrapa.br).

### ABSTRACT

Data of a field experiment carried out in Petrolina-PE, Brazil were used to evaluate the evapotranspiration of the fruits productive cycle of a mango orchard. Sensors of net radiation, two levels dry and wet bulbs temperature and windspeed were installed above a mango tree in a micrometeorological tower. Soil heat flux sensors were installed at 5 and 15cm bellow soil surface and soil humidity was measured by batteries of tensiometers installed at each 15cm from the surface down to 200cm soil depth. The individual mango tree evapotranspiration was obtained by two methods: Bowen ratio energy balance and soil water balance. Daily evapotranspiration increased slowly from 2.4 mm/day at the beginning of the experimental period (June, 29) to 7.9 mm/day at the fruits growth period (October, 11). Then, decreased to reach approximately 3.5 mm/day at fruits full maturity (November, 15). The accumulative trees water consumption for the whole productive cycle was 612mm and 643mm by the soil water and energy balance methods, respectively. For the experimental conditions, the soil water balance showed to be more efficient in the determination of the mango orchard daily evapotranspiration as compared to the energy balance method.

### INTRODUÇÃO

O clima semi-árido do Nordeste apresenta aspectos muito favoráveis ao cultivo de diversas culturas, principalmente devido à disponibilidade energética. Entretanto, oferece restrições quanto à disponibilidade hídrica de origem pluvial, devido à variabilidade espacial e temporal do regime de chuvas na região. Isso favorece a prática de irrigação para garantir e otimizar a produção agrícola com base no conhecimento das necessidades hídricas de culturas e no dimensionamento e manejo dos sistemas de irrigação. Na elaboração e operacionalização de um projeto de irrigação, um dos fatores de maior importância é a quantificação precisa do volume de água necessário ao desenvolvimento adequado das culturas implantadas (Azevedo et al., 1993). Procura-se identificar o momento preciso de irrigar, o sistema de irrigação a ser empregado e a lâmina de água a ser aplicada de forma a atender satisfatoriamente as necessidades hídricas das plantas e proporcionar uma maior viabilidade econômica da exploração agrícola.

A mangueira é encontrada praticamente em todo Brasil, sendo o Nordeste, onde as condições edafoclimáticas são mais favoráveis, a principal região produtora de manga do país, com 53% da produção nacional. A área cultivada nessa região é cerca de 34.000 hectares, que corresponde a 63% de toda área cultivada no país. A região Sudeste é considerada a segunda maior região produtora de manga do país com uma área plantada de 13.000 hectares. O fruto da manga tem despertado interesse comercial em vários países do mundo, devido sua grande aceitação nos mercados europeu e americano. No entanto, somente a pouco tempo vários órgãos de pesquisa do país iniciaram o desenvolvimento de programas de melhoramento da cultura visando a maximização da produção. Devido à importância econômica que alcançou nos últimos anos nos mercados interno e externo, a manga passou a ser vista como uma alternativa frutífera com boas perspectivas para o Brasil e, em especial, para o Nordeste, onde o cultivo em escala empresarial nos últimos dez anos vem sendo intensamente implantado em toda a região do Submédio São Francisco (Cunha *et al.*, 1994).

O manejo de água adotado para mangueira em várias propriedades da região do Submédio São Francisco, baseia-se em valores adaptados do coeficiente de cultura para frutas cítricas. Muitos problemas em cultivos irrigados de mangueira são devidos ao subdimensionamento dos sistemas de irrigação, em relação ao período de máxima demanda hídrica (Soares e Costa, 1995). Um planejamento de irrigação baseado em valores empíricos do coeficiente de cultura certamente acarreta sobreestimativa ou subestimativa das reais necessidades hídricas da cultura, que

associada a outros fatores reflete nos custos de produção, na redução da qualidade do produto e na produtividade agrícola.

Segundo Soares & Costa (1995), a mangueira pode ser explorada sob sistemas de irrigação por gotejamento, microaspersão, aspersão, sulco e microbacias. Porém, em solos argilo-arenosos e argilosos são mais indicados os sistemas de irrigação por gotejamento, sulco e microbacias, enquanto que, para solos arenosos e areno-argilosos os sistemas de irrigação por aspersão e microaspersão são mais apropriados.

A maioria das plantas frutíferas respondem bem à irrigação com a antecipação do florescimento, melhoria da qualidade e do tamanho do fruto, produção e uniformidade do período de colheita (Donadio, 1993). Dentre as poucas pesquisas relacionadas com as necessidades hídricas de frutíferas destacam-se: Oliveira *et al.* (1993), em bananeira; Evans *et al.* (1993), em videira; Sepaskhah & Kashefipour (1995), em laranja; Ferreira *et al.* (1996), em pessegueiro e Bezerra *et al.* (1997) em aceroleira. Entretanto, de acordo com a literatura consultada, apesar do grande valor nutritivo e comercial do seu fruto, pouco tem se pesquisado sobre a mangueira, particularmente no que se refere ao seu consumo hídrico.

O volume de frutos produzidos através de plantios irrigados e comercializados nos mercados interno e externo traduz a importância econômica da mangueira na economia do país. Assim, considerando a importância dessa frutífera no desenvolvimento econômico do Brasil, principalmente da região Nordeste, e visando estabelecer um manejo mais adequado da água utilizada na irrigação, o presente trabalho objetivou determinar a evapotranspiração durante o ciclo produtivo da mangueira, variedade 'Tommy Atkins', cultivada nas condições de clima e solo da região do Submédio São Francisco.

## MATERIAL E MÉTODOS

A parte experimental desta pesquisa foi conduzida no perímetro irrigado do Projeto Bebedouro, na Estação Experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Semi-Árido), no município de Petrolina-PE (Latitude: 09° 09'S, Longitude: 40° 22'W; Altitude: 365,5 m), na região do Submédio São Francisco. O clima da região é classificado como semi-árido e apresenta as seguintes características: temperatura média: 26,5 °C, umidade relativa média: 67,8%, precipitação pluvial média: 400 mm por ano, insolação anual: 3.000 horas, evaporação média anual: 2.000 mm, velocidade de vento: 2,3 m/s e o regime de chuvas bastante irregular, com estação chuvosa compreendida entre os meses de janeiro e abril (Reedy & Amorim Neto, 1983).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, com lençol freático localizado a 2,5m de profundidade. De acordo com Ávila Netto (1997) a maior concentração de areia (74,87%) encontra-se na camada de 0-20 cm, apresentando uma ligeira tendência decrescente até a profundidade de 80 cm. Por sua vez, nas camadas de 0-40 cm, 60-80 cm e 100-120 cm o solo foi classificado com franco-arenoso e nas camadas de 40-60 cm e 80-100 cm como franco-argilo-arenoso.

A frutífera estudada foi a mangueira (*Mangífera indica*, L), variedade 'Tommy Atkins', plantada em fevereiro de 1993. A pesquisa foi conduzida durante o ciclo produtivo do pomar de 9.880m<sup>2</sup> de mangueiras, no período de junho a novembro de 1999, com plantas dispostas num espaçamento de 5 m entre plantas por 8m entre fileiras. Foram estudados os estádios do ciclo produtivo, compreendidos entre a indução floral e a colheita: floração, queda de frutos, formação de frutos e maturação de frutos.

O pomar de mangueiras foi irrigado com base nas observações da evaporação do Tanque "Classe A" e num coeficiente de cultura de  $K_c = 1,0$ . O volume d'água ( $V_a$ ), em litros, aplicada por planta, foi obtido pela relação:

$$V_a = \frac{E_v \cdot K_t \cdot K_c \cdot A_p}{E_r} \quad (1)$$

em que  $E_v$  é a evaporação do Tanque "Classe A", correspondente à média diária dos últimos sete dias;  $K_t = 0,75$  é o coeficiente do Tanque, obtido em função da umidade relativa, velocidade do vento e bordadura (Doorenbos &

Kassam, 1979);  $A_p = 40\text{m}^2$  é a área máxima ocupada pela planta e  $E_f = 0,926$  é a eficiência do sistema de irrigação. Assim, a lâmina de irrigação diária (mm), considerada constante para cada período semanal, foi obtida pela relação entre o volume d'água aplicado por planta e a área de molhamento provocado pelo sistema de irrigação.

A percentagem da área molhada ( $P_w$ ), ao longo de um plano horizontal de 30 cm abaixo da superfície do solo, por duas linhas de gotejadores, foi determinada da seguinte forma (Keller & Bliesner, 1990):

$$P_w = \frac{N_p S_e' (S_e' + w) / 2}{S_p x S_r} 100 \quad (2)$$

em que  $N_p$  é o número de emissores por planta;  $S_e' = 0,80$  w é o espaçamento ótimo entre emissores, sendo w o diâmetro da área circular úmida de um único emissor;  $S_p$  é espaçamento entre plantas na fileira e  $S_r$  é o espaçamento entre fileiras.

Na parcela experimental foi montada uma torre micrometeorológica para instalação de sensores do saldo de radiação, gradientes de temperatura e umidade, perfil de umidade e fluxo de calor no solo, além da instalação de baterias de tensiômetros no solo. Os sensores de saldo de radiação, temperaturas seca e úmida, velocidade do vento, radiação solar incidente e refletida foram conectados a um sistema de aquisição de dados (Datalogger 21X da *Campbell Scientific, Inc.*), programado para coletar os dados a cada 5 segundos e armazenar as médias de cada 10 minutos. Foram instaladas, também, 6 (seis) baterias de tensiômetros a cada 20cm de profundidade da superfície até 220cm.

As leituras tensiométricas foram realizadas nos horários das 7:00, 12:00 e 17:00 horas e a fenologia do pomar de mangueiras monitorada pela anotação das alterações no desenvolvimento vegetativo da planta. O índice de área foliar (IAF) foi avaliado mensalmente com base na medição direta da largura e comprimento de cinco amostras de cem folhas selecionadas aleatoriamente na base, meio e topo do dossel vegetativo de uma planta representativa do pomar. Essas informações foram incorporadas ao modelo proposto por Azevedo *et al.* (1999) para avaliar a evolução do IAF ao longo do ciclo produtivo do pomar de mangueiras.

O balanço hídrico no solo (BH) foi elaborado pela expressão (Libardi, 1995):

$$Pr + I \pm D/A \pm \Delta h \pm R - ET_c = 0 \quad (3)$$

em que  $ET_c$  é a evapotranspiração da cultura,  $P_r$  é a precipitação pluvial,  $I$  é a irrigação,  $\Delta h$  é a variação no armazenamento de água no perfil do solo,  $R$  é o escoamento superficial e  $D/A$  a drenagem profunda ou ascensão capilar. Todos os termos da Equação (3) são expressos em milímetros por unidade de tempo. O volume de controle considerado para elaboração do balanço hídrico correspondeu à camada de solo compreendida entre a superfície e a máxima profundidade efetiva do sistema radicular.

O armazenamento de água no solo foi calculado pela regra do trapézio, considerando que as medidas foram realizadas em intervalos igualmente espaçados desde a superfície ( $z = 0$ ) até a profundidade de interesse ( $z = L$ ), de acordo com a equação (Libardi, 1995):

$$h_L = \int_0^L q(z) dz = \left[ 0,50q(z_0) + \sum_{i=1}^{n-1} q(z_i) + 0,50q(z_n) \right] \Delta z \quad (4)$$

em que  $q$  é a umidade média do perfil do solo considerado ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ) e  $\Delta z$  é a espessura da camada de solo (cm). Assume-se que, pela proximidade, em  $z = 0$  a umidade é a mesma que em  $z = z_1$  e em  $z = L$  a mesma que  $z = z_n$ .

A variação do armazenamento de água no solo (mm) durante os períodos de tempo considerados, foi obtida pela expressão:

$$\Delta h = h_t - h_{t-1} \quad (5)$$

em que  $h_t$  e  $h_{t-1}$  representam os armazenamentos de água no perfil do solo nos instantes  $t$  e  $t-1$ , respectivamente.

Assumindo a igualdade entre os coeficientes de difusão turbulenta de calor sensível ( $K_h$ ) e latente ( $K_w$ ) e  $(\partial T/\partial Z)/(\partial e_a/\partial Z) \approx \Delta T/\Delta e_a$ , o fluxo de calor latente (LE), baseado na razão de Bowen ( $\beta = H/LE \approx g \Delta T/\Delta e_a$ ), foi obtido por:

$$LE = - \left( \frac{R_n + G}{1 + g \Delta T/\Delta e_a} \right) \quad (6)$$

em que  $R_n$  ( $W/m^2$ ) é o saldo de radiação;  $G$  ( $W/m^2$ ) é o fluxo de calor no solo;  $\gamma$  ( $KPa/^\circ C$ ) é a constante psicrométrica;  $\Delta T$  ( $^\circ C$ ) =  $T_2 - T_1$  e  $\Delta e_a$  ( $KPa$ ) =  $e_2 - e_1$  são os gradientes de temperatura e pressão de vapor d'água na camada de ar acima da vegetação, respectivamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos períodos de baixa demanda energética, representada pelos valores mais baixos de energia disponível (Tabela 1), o pomar de mangueiras reduziu a taxa evapotranspiratória e a água excedente drenou para o lençol freático. Enquanto que, em períodos de alta demanda a planta extraiu água do solo, quando necessário até mesmo do lençol freático, para atender suas exigências metabólicas.

A drenagem profunda atingiu os valores mais elevados, de 22,6 a 12,6 mm/semana, com máximo de 31,1mm/semana, no período de 03 de agosto a 13 de setembro. Os valores elevados da drenagem profunda observados nesse período foram atribuídos à baixa demanda energética registrada na região, conforme evidencia a Tabela 1. Ávila Netto (1997) encontrou uma contribuição máxima do lençol freático da ordem de 7,9 mm/semana nos subperíodos de chumbinho e de desenvolvimento de baga da videira cultivada no perímetro irrigado de Bebedouro, Petrolina, PE. Esse valor é bem superior àqueles obtido para a mangueira no período de 31/05 a 19/07/99 (Tabela 2), nas mesmas condições de solo e clima da região do Submédio São Francisco.

A evapotranspiração do pomar de mangueiras aumentou sistematicamente de 2,4 mm/dia, no início da floração, quando ainda não tinha sido iniciada a irrigação, para 7,9 mm/dia, no final do estágio fenológico de formação de frutos, decrescendo, em seguida para atingir 3,5 mm/dia no estágio de maturação de frutos (Tabela 2).

Os resultados apresentados na Tabela 2 indicam que ocorreu drenagem acentuada em praticamente todo o ciclo produtivo, exceto no período anterior ao início das irrigações. Mesmo para períodos semanais, de acordo com a disponibilidade dos dados de umidade do solo, o balanço hídrico no solo é mais preciso quando a drenagem profunda e ascensão capilar são obtidas para períodos iguais ou inferiores a um dia (Libardi, 1995).

Tabela 2 - Valores médios dos componentes do balanço de energia e da partição do saldo de radiação ( $R_n$ ) em fluxo de calor latente (LE), calor sensível da ar (H) e do solo (G) nos estádios fenológicos do ciclo produtivo do pomar de mangueiras em 1999.

ESTÁDIO FENOLÓGICO	PERÍODO	$R_n$ ( $W/m^2$ )	G ( $W/m^2$ )	LE ( $W/m^2$ )	H ( $W/m^2$ )
Floração	10/06 a 30/06/1999	323,7	-14,8	-243,0	-75,4
Queda de frutos	01/07 a 09/08/1999	290,9	-08,3	-264,8	-17,8
Formação de frutos	10/08 a 30/09/1999	386,6	-27,5	-297,6	-61,5
Maturação dos frutos	01/10 a 09/11/1999	360,7	-31,9	-302,3	-26,6

Tabela 2 - Variação no armazenamento de água no solo ( $-\Delta A$ ), Irrigação (I), Precipitação pluvial (Pr), Drenagem/Ascensão capilar (D/A) e evapotranspiração do pomar de mangueiras pelos métodos do balanço de energia -  $ET_c$  (BE) e pelo balanço hídrico no solo -  $ET_c$  (BH), em Petrolina, PE, em 1999.

PERÍODO	$-\Delta A$ (mm)	I (mm)	Pr (mm)	D/A (mm)	$ET_c$ (BE) (mm/dia)	$ET_c$ (BH) (mm/dia)
31/05 a 17/06/99	34,0	0,0	0	1,0	3,2	2,1
18/06 a 29/06/99	26,5	0,0	0	0,0	3,7	2,4
30/06 a 12/07/99	6,1	25,8	0,4	1,0	3,9	2,8
13/07 a 19/07/99	-18,9	55,7	1,2	0,7	3,9	3,1
20/07 a 26/07/99	-22,5	64,6	0,5	-5,2	4,3	3,0
27/07 a 02/08/99	-14,8	75,1	0	-4,1	4,2	4,5
03/08 a 09/08/99	-0,9	66,1	1,1	-22,6	3,3	3,5
10/08 a 16/08/99	12,7	61,1	0	-23,5	4,1	4,0
17/08 a 23/08/99	-7,0	78,5	0,2	-24,5	3,8	3,8
24/08 a 30/08/99	-3,3	75,5	0	-31,1	5,2	3,3
31/08 a 06/09/99	12,2	81,3	0	-20,2	4,6	5,9
07/09 a 13/09/99	10,4	52,7	0	-12,6	4,6	4,0
14/09 a 20/09/99	19,2	44,7	0	-7,5	4,3	4,5
21/09 a 27/09/99	-1,1	34,0	30,4	-3,1	4,1	4,8
28/09 a 04/10/99	-3,0	54,4	0	-6,4	5,5	3,6
05/10 a 11/10/99	10,2	73,9	4	-3,9	4,9	7,9
12/10 a 18/10/99	6,0	60,7	8	-3,3	4,4	5,7
19/10 a 25/10/99	1,4	71,3	0	-1,8	5,1	5,7
26/10 a 01/11/99	-5,8	73,2	6,3	-4,3	3,2	5,5
02/11 a 08/11/99	4,4	45,3	0	-2,9	4,6	3,7
09/11 a 15/11/99	-0,7	50,6	0	-1,3	5,2	3,5
<b>Total</b>	<b>45,5</b>	<b>1101,3</b>	<b>53,7</b>	<b>-187,9</b>	<b>Média = 4,3</b>	<b>Média = 4,1</b>

O consumo hídrico total durante o ciclo produtivo do pomar de mangueiras foi de 612,4 e 642,9 mm, respectivamente, pelos métodos do BH e BE, tendo este último sobrestimado o BH em aproximadamente 4,7% (Tabela 2). A evapotranspiração diária média foi 4,1 mm/dia e 4,3 mm/dia, respectivamente, pelos métodos do BH e BE. Papakyriakou & McCaughey (1991) observaram que o método do BH aplicado na estimativa da evapotranspiração de floresta subestimou o balanço de energia em 1%. Por outro lado, Ávila Netto (1997), analisando o comportamento da evapotranspiração da videira europeia na região do Submédio São Francisco, observou que o BH sobrestimou o BE em 24,9%; no entanto, devido a presença de advecção, em algumas semanas o BE sobrestimou o BH. A Tabela 2 evidencia, ainda, que em algumas semanas ocorreu sobreestimativa do BH (14/09 a 27/09 e de 05/10 a 01/11/1999) e estimativas iguais ou muito próximas do BE (03/08 a 23/08/1999). Estes resultados são similares àqueles obtidos por Mickson *et al.* (1997), os quais observaram que em alguns períodos o balanço de energia apresentou estimativas semelhantes ao balanço hídrico e em outros períodos grandes discrepâncias.

As taxas diárias médias da evapotranspiração nos estádios fenológicos do ciclo produtivo do pomar de mangueiras são apresentadas na Tabela 3. Para todo o ciclo produtivo, a taxa diária média da evapotranspiração estimada pelo BH (3,5 mm/dia) foi menor do que àquela estimada pelo BE (4,2 mm/dia). Comparando os valores da  $ET_c$  obtidos pelos métodos do balanço de energia e balanço hídrico no solo, MALEK & BINGHAM (1993) encontraram um coeficiente de determinação de 0,98. Por outro lado, DAAMEN *et al.* (1999), obtiveram um bom ajustamento entre os métodos das correlações turbulentas e do balanço de energia, tendo este último apresentado resultados inconsistentes.

Tabela 3 - Evapotranspiração diária média nos estádios fenológicos do pomar de mangueiras, cv. 'Tommy Atkins', em Petrolina, PE, obtida pelos métodos do balanço de energia ( $ET_c$ -BE) e do balanço hídrico no solo ( $ET_c$ -BH).

ESTÁDIO FENOLÓGICO	PERÍODOS	$ET_c - BE$ (mm/dia)	$ET_c - BH$ (mm/dia)
Floração	10/06 a 30/06/99	3,52	2,29
Queda de frutos	01/07 a 09/08/99	3,84	3,19
Formação de frutos	10/08 a 30/09/99	4,49	3,99
Maturação dos frutos	01/10 a 09/11/99	4,90	4,60
<b>Média</b>	-	<b>4,2</b>	<b>3,5</b>

Com base nesses resultados, sugere-se que a diferença observada entre os métodos utilizados na estimativa da evapotranspiração do pomar de mangueiras foi devida às simplificações aplicadas no BE, tais como: (i) ausência de "fetch" na localização da torre micrometeorológica, (ii) similaridade entre os coeficiente de transferência turbulenta de calor sensível e latente, e (iii) não consideração do calor armazenada acima das placas de fluxo de calor no solo e no dossel vegetativo das plantas. Para longos períodos, tais como um estágio fenológico, o total da evapotranspiração não difere muito quando calculada pelo BE ou pelo BH, ocorrendo maior discrepância nos períodos curtos em que o BE não registra adequadamente as variações evapotranspiratórias do pomar de mangueiras (Tabelas 2).

A Tabela 4 apresenta as equações de estimativa do fluxo de calor latente para as faixas baixa, moderada e alta disponibilidade de energia, representada pelo saldo de radiação. No geral, o fluxo de calor latente sobre o pomar de mangueiras pode ser estimado com elevado grau de precisão em função do saldo de radiação para as condições de solo e clima da região do Submédio São Francisco. Entretanto, observa-se que a precisão das estimativas, de acordo com o coeficiente de determinação,  $r^2$ , aumenta da faixa de baixa demanda atmosférica de energia para a faixa de alta demanda energética.

Tabela 4 - Equações de estimativa do fluxo de calor latente ( $LE$ , em  $W/m^2$ ) para três faixas de demanda energética ( $R_n$ ) sobre o pomar de mangueiras em Petrolina-PE, em 1999.

DEMANDA ATMOSFÉRICA DE ENERGIA	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	$r^2$	$\epsilon_{yx}$ ( $W/m^2$ )
Baixa ( $R_n \leq 250W/m^2$ )	$LE = -18,177 - 0,843 R_n$	0,94	20,7
Moderada ( $251W/m^2 \leq R_n \leq 349W/m^2$ )	$LE = -2,218 - 0,922 R_n$	0,98	18,0
Alta ( $R_n \geq 350 W/m^2$ )	$LE = -18,772 - 0,766 R_n$	0,99	09,0

\*  $r^2$  = coeficiente de determinação,  $\epsilon_{yx}$  = erro padrão de estimativa.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que:

1. A evapotranspiração durante o ciclo produtivo do pomar de mangueiras é influenciada pela demanda atmosférica de energia e pelo nível de umidade no solo;
2. O método do balanço de energia baseado na razão de Bowen, devido às simplificações normalmente aplicadas, não responde adequadamente às alterações fenológicas do ciclo produtivo da mangueira;
3. O balanço hídrico no solo somente é eficiente na estimativa da evapotranspiração do mangueiral quando considera-se o termo referente a drenagem profunda/ascensão capilar;
4. O fluxo de calor latente ou a evapotranspiração de pomares de mangueiras cultivados na região do Submédio São Francisco pode ser estimado com alta precisão em função do saldo de radiação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AVILA NETTO, J. **Necessidades hídricas da videira européia**. Campina Grande: DCA/CCT/UFPB, 1997. 85p. (Dissertação de mestrado).
- AZEVEDO, P.V. de; RAMANA RAO, T.V.; AMORIM NETO, M.S.; *et al.* Necessidades hídricas da cultura do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28. n.7, p.863-870, 1993.
- AZEVEDO, P.V. de; SILVA, B.B. da; RODRIGUES DA SILVA, V.P.; *et al.* Avaliação do índice de área foliar da mangueira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11, e REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2, 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999, CD Rom.
- BEZERRA, F.M.L., FREITAS, A.A., OLIVEIRA, C.H.C. Evapotranspiração máxima da acerola (*Malpighia Glaba* L.) no primeiro ano de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997, Piracicaba. **Anais...**, Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997, p. 671-672.
- CUNHA, G.A.; SAMPAIO, J.M.M.; NASCIMENTO, A.S.; *et al.* **Manga para exportação: aspectos técnicos da produção**. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria de Desenvolvimento Rural, Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais. - Brasília: EMBRAPA - SPI, 1994, 35p - (Série Publicações Técnicas FRUPEX; 8).
- DAAMEM C.C.; DUGAS, W.A; PRENDERGAST, P.T. *et al.* Energy flux measurements in a sheltered lemon orchard **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 93, n. 1, p.171-183, 1999.
- DONADIO, L. C. **Noções práticas de fruticultura**. Fundação GARGILL, Campinas, SP. 74p, 1993.
- EVANS, R.G.; SPAYD, S. E.; WAMPLE, R.L.; *et al.* Water use of *Vitis Vinifera* Grapes in Washington. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 23, n. 1, p. 109-124, 1993.
- FERREIRA, M.I.; VALANCOGNE, C.; DAUDET, F.A *et al.* Evapotranspiration and crop-water relations in a peach orchard. In: Evapotranspiration and irrigation scheduling, **Proceedings of the International Conference**, American Society of Agricultural Engineers the Irrigation Association, november, 3-6, San Antonio, Texas, p. 61-68, 1996.
- KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. Chapman & Hall, New York, 1<sup>st</sup> Edition., 321p., 1990.
- LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. Departamento de Física e Meteorologia (ESALQ/USP). 1<sup>o</sup> ed. Piracicaba, 497p., 1995.
- MALEK, E.; BINGHAM. Comparison of Bowen ratio-energy balance and the water balance methods for the measurement of evapotranspiration. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 146, n.1, p. 209-220, 1993.
- MICKSON, S.B.; YOMOTA, A; MIURA, T. Water balance of field plots planted with soybean and pumpkin. **Trasactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 40, n. 4, p. 899-909, 1997.
- OLIVEIRA, S.L.; ALVES, E.J.; CALDAS, R.C. Coeficiente de cultura para irrigação da bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 15, n. 3, p.15-20, 1993.
- PAPAKYRIAKOU, T.N.; MaCAUGHEY, J.H. An evaluation of the water balance technique for the estimation of evapotranspiration for a mixed forest. **Canadian Journal of Forest Research**, v.21, n.11, p. 1622-1631, 1991.

- REEDY, S.J.; AMORIM NETO, M.S. **Dados de precipitação, evapotranspiração potencial, radiação solar global de alguns locais e classificação climática do Nordeste do Brasil.** Petrolina, EMBRAPA/CPATSA, 1983, 280p.
- SEPASKHAH, A.R.; KASHEFIPOUR, S.M. Evapotranspiration and crop coefficient of sweet lime under drip irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 27, p. v.1, 331-340, 1995.
- SOARES, J.M.; COSTA, F.F. Irrigação. In: **Informações técnicas sobre a cultura da manga no semi-árido brasileiro.** EMBRAPA, Brasília, 1995. Cap. 2, p. 43-80.